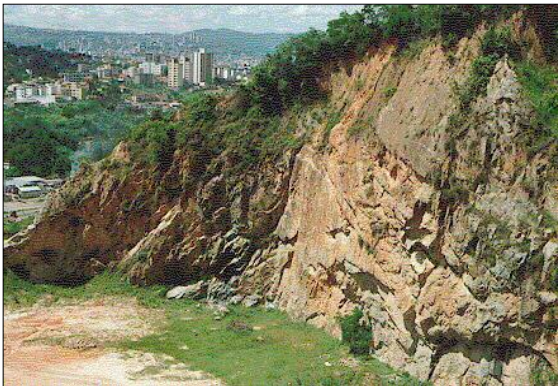
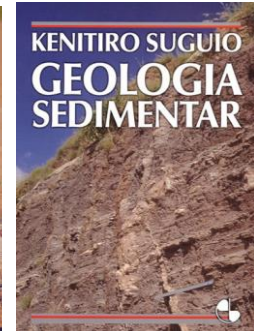
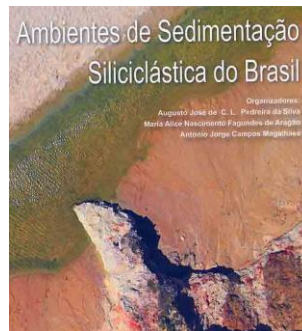
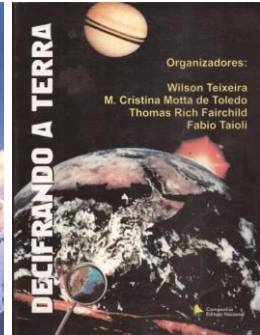
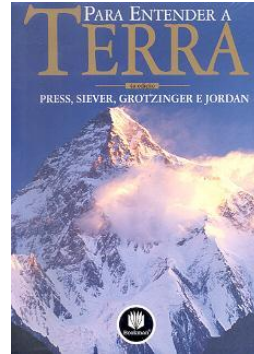
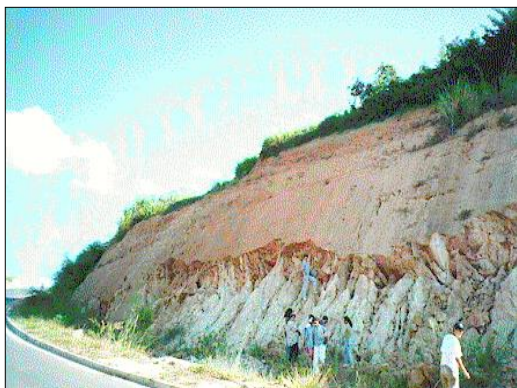
13/09 - Processos exógenos, fácies sedimentares e ambiente de sedimentação de leque aluvial.

14/09 - Ambientes de sedimentação fluvial, lacustre e eólico. Exercício sobre ambientes de sedimentação.

20/09 - Ambientes de sedimentação glacial e marinho. Correção do exercício.

13/09/2016

Pedreira do alto do Engenho Nogueira e talude de corte em loteamento do Engenho Nogueira/BH. Foto: L.M. Fantinel

Por que as rochas se alteram, ficam friáveis e se desgastam com o tempo?

Alto do Engenho Nogueira/BH. Foto: L.M. Fantinel.

Foz dos rios Ressaca e Sarandi na Lagoa da Pampulha/BH. Foto: L.M. Fantinel.

O que acontece com os produtos do intemperismo?

Como os sedimentos se transformam em rochas?

Sediment

Weathering and erosion

Transportation and sedimentation

5

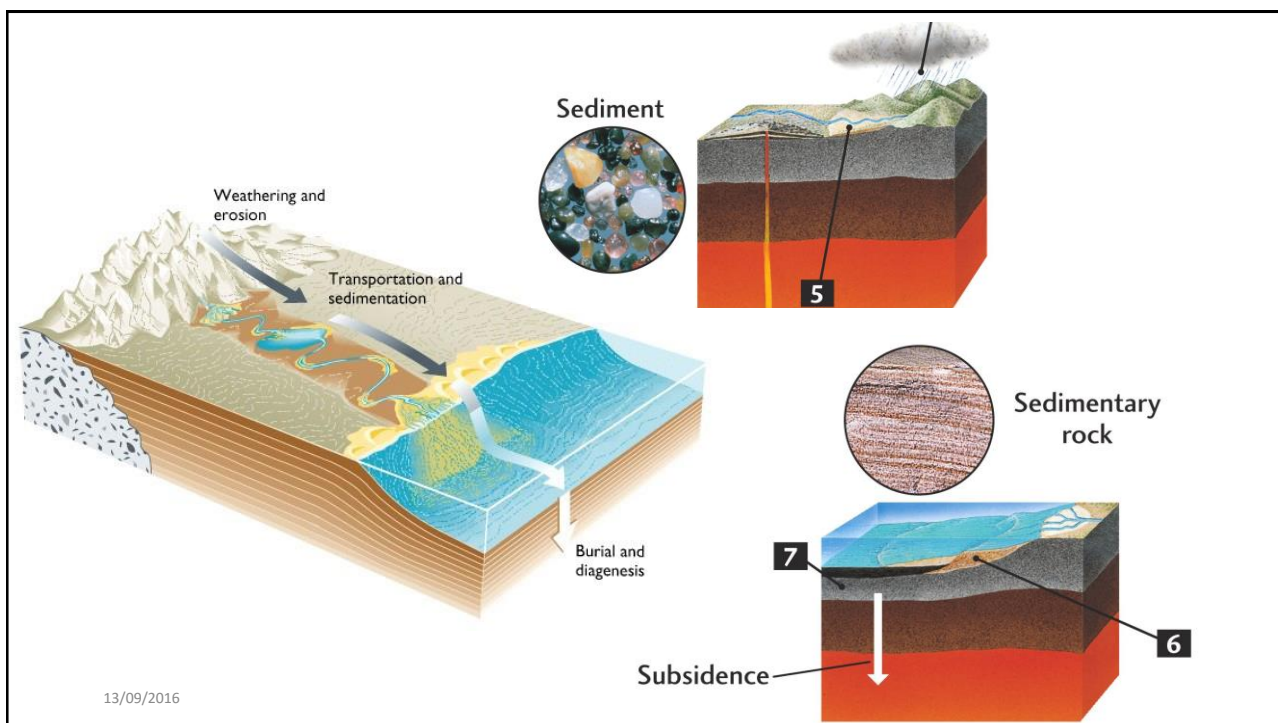
Sedimentary rock

Burial and diagenesis

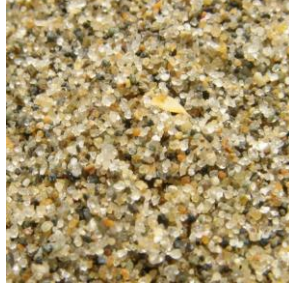
7

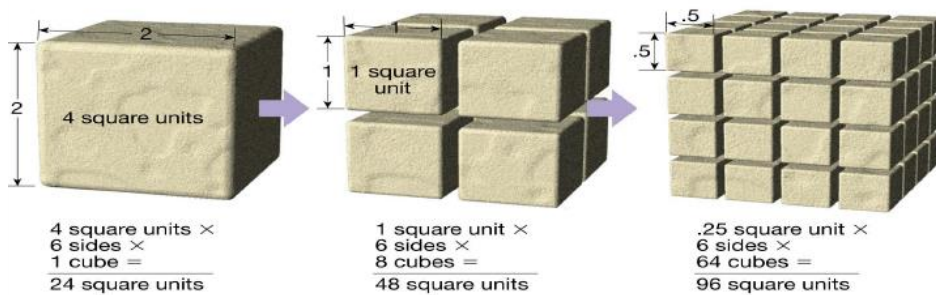
6

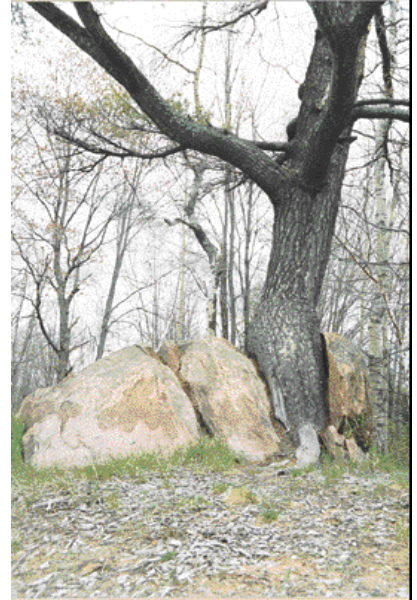
Subsidence

Processos sedimentares

- ***Intemperismo*** – desagregação + alteração *in situ* de rochas expostas ou próximas da superfície. Pode ser físico, químico e biológico.
- ***Erosão*** – remoção dos produtos do intemperismo por ação da gravidade ou de fluxos diversos.
- ***Transporte*** – deslocamento dos grãos e solutos até a bacia de sedimentação. Pode ser por fluxos gravitacionais de sedimentos, gelo, água ou vento.
- ***Sedimentação*** – acumulação de sedimentos por deposição e/ou precipitação.
- ***Diagênese*** – transformação de sedimentos em rochas sedimentares.

Hunza valley, Himalayas, Danny Yee. Fonte: Fonte: Univ. Illinois, Geol 440 (2011) Lecture 1.

William River. Fonte: Fonte: Fonte: Univ. Illinois, Geol 440 (2011) Lecture 15.

Tipos de intemperismo

- ***Físico ou mecânico***: produz a quebra da rocha e aumenta a área disponível para o ataque químico.

Intemperismo físico

- Acunhamento por gelo (crioclastia):
  - Expansão da água (9%) ao congelar.
  - Climas temperados e regiões montanhosas frias.
- Expansão térmica:
  - Minerais expandem e contraem por variações de temperatura ambiente ou por hidratação.
- Alívio de pressão confinante:
  - Juntas de alívio devido ao soerguimento e erosão de rochas formadas em profundidade.
- Cristalização de sais (haloclastia).
- Pressão de raízes.

Intemperismo biológico

- Intemperismo causado diretamente por organismos.
- Atua em conjunto com os outros tipos pela ação de plantas, líquens, fungos, bactérias e outros organismos.

Fonte: http://www.int

. Complexo Gouveia, Gouveia/MG. Foto: L.M. Fantinel.

. Complexo Gouveia, Gouveia/MG. Foto: L.M. Fantinel.

Tipos de intemperismo

- ***Químico*** – alteração e/ou dissolução de minerais da rocha.
- Água é o principal agente.

Equação genérica

Mineral I + solução de alteração → Mineral alterado + Mineral II + solução de lixiviação

Esta equação está sujeita às leis do equilíbrio químico e às oscilações das condições ambientais.

Na maior parte dos ambientes da superfície, as águas percolantes têm pH entre 5 e 9.

Principais reações:

Hidrólise
Dissolução
Oxidação
Hidratação
pH inferior a 5→acidólise

Reações do intemperismo químico

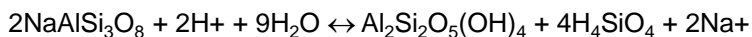
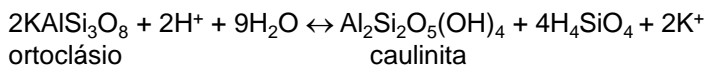
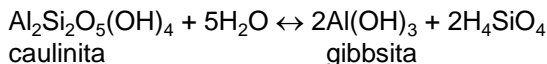
- **Hidrólise**

$2NaAlSi_3O_8 + 2H^+ + 9H_2O \leftrightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4H_4SiO_4 + 2Na^+$

albita caulinita

$2KAlSi_3O_8 + 2H^+ + 9H_2O \leftrightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 4H_4SiO_4 + 2K^+$

ortoclásio caulinita

$Al_2Si_2O_5(OH)_4 + 5H_2O \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 2H_4SiO_4$

caulinita gibbsita

Granito de Soajo. Fonte: http://www.dct.uminho.pt/pnpg/trilhos/trilho_mezio.html

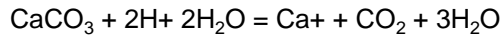
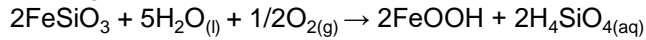
Granito de Soajo. Fonte: http://www.dct.uminho.pt/pnpg/trilhos/trilho_mezio.html

Reações do intemperismo químico

- **Dissolução**

  $CaCO_3 + 2H + 2H_2O = Ca + + CO_2 + 3H_2O$

- **Oxidação**

  $2FeSiO_3 + 5H_2O_{(l)} + 1/2O_{2(g)} \rightarrow 2FeOOH + 2H_4SiO_{4(aq)}$

Basalto, Formação Serra Geral, Santa Vitória/MG. Foto: L.M. Fantinel.

Calcário, Grupo Bambuí, São Francisco/MG. Foto: L.M. Fantinel.

- Formação de oxi-hidróxido de **Al (alitização)** e **Fe (ferrralitização).**
- Formação de **silicato de alumínio – sialitização.**
  - **monossialitização = caulinita**
  - **bissialitização = esmectita, ilita**

Intemperismo químico e pluviosidade

% de argila no solo
80
60
40
20
oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio
caulinita
esmectita
1.000
2.000
3.000
4.000
Pluviosidade anual (mm)

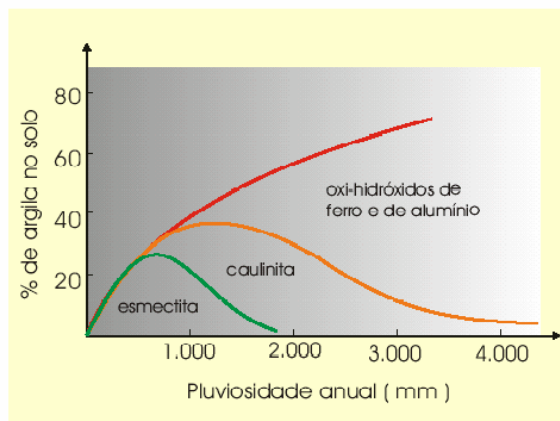
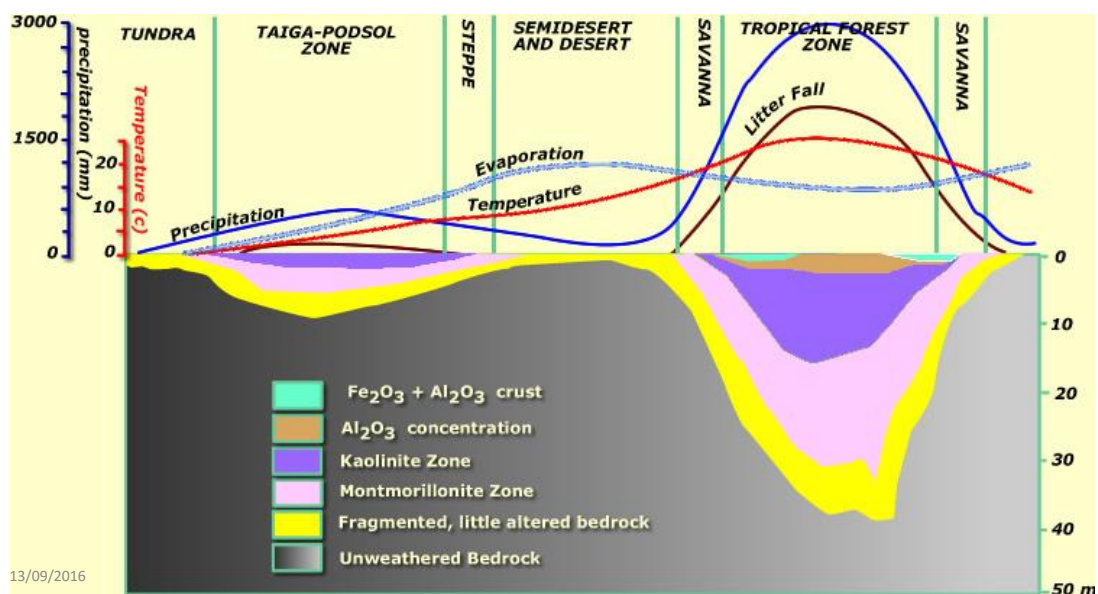



Fig. 8.18 A intensidade do intemperismo aumenta com a pluviosidade, resultando num solo com maior proporção de minerais secundários (fração argila). A cada faixa de pluviosidade corresponde uma composição preponderante dos minerais secundários.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Intemperismo químico e clima

TUNDRA
TAIGA-PODSOL ZONE
STEPPE
SEMIDESERT AND DESERT
SAVANNA
TROPICAL FOREST ZONE
SAVANNA
3000
1500
0
precipitation (mm)
Temperature (c)
20
10
0
Precipitation
Evaporation
Temperature
Litter Fall
0
10
20
30
40
50 m
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$ crust
Al_2O_3 concentration
Kaolinite Zone
Montmorillonite Zone
Fragmented, little altered bedrock
Unweathered Bedrock

Intemperismo químico e relevo

A B C

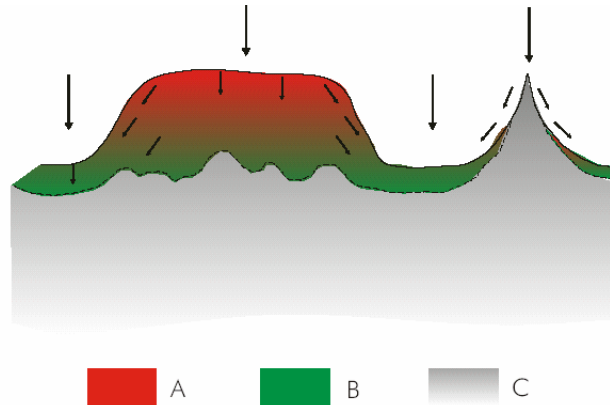
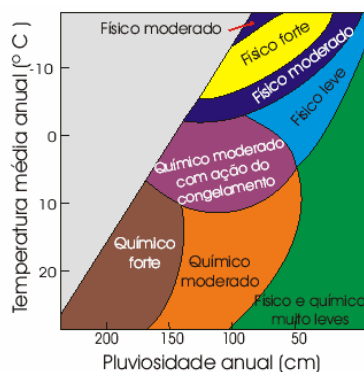
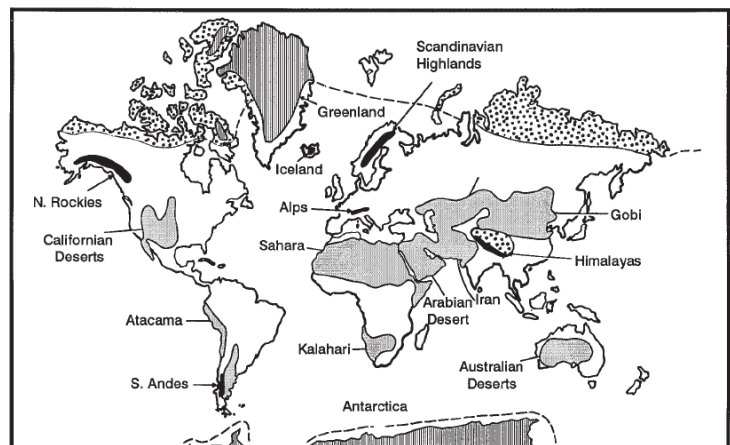
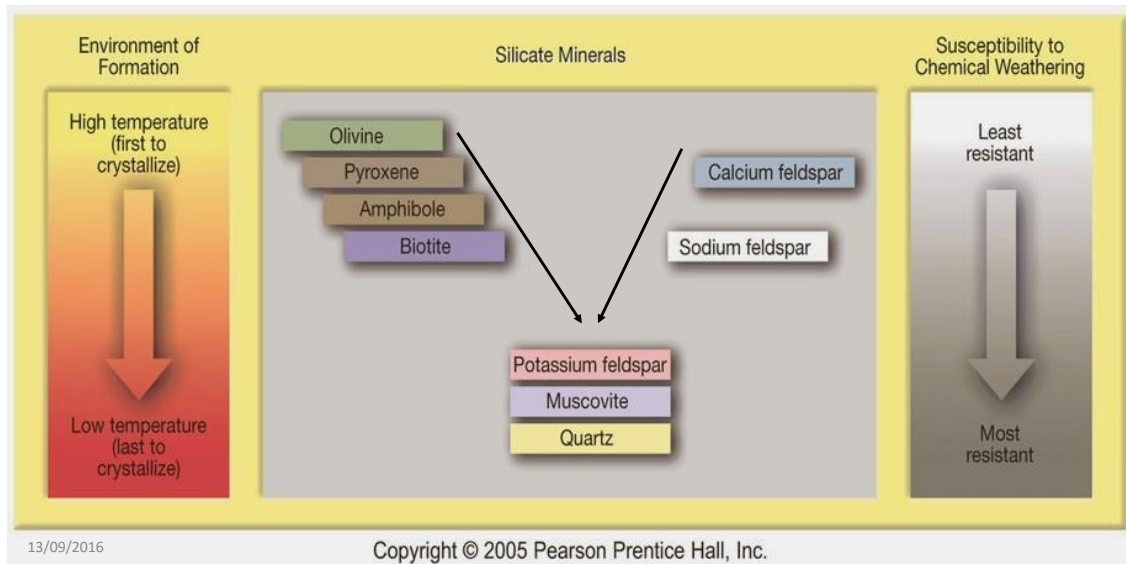



Fig. 8.21 Influência da topografia na intensidade do intemperismo.
Setor A: Boa infiltração e boa drenagem favorecem o intemperismo químico.
Setor B: Boa infiltração e má drenagem desfavorecem o intemperismo químico.
Setor C: Má infiltração e má drenagem desfavorecem o intemperismo químico e favorecem a erosão.

Fonte: Decifrando a Terra / TEIXEIRA, TOLEDO, FAIRCHILD e TAIOLI - São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

Intemperismo e clima

O papel do clima é preponderante na determinação do tipo e eficácia do intemperismo. O intemperismo físico predomina nas áreas onde temperatura e pluviosidade são baixas. Ao contrário, temperatura e pluviosidade mais altas favorecem o intemperismo químico.

Fonte: Teixeira et al. (2000)

Fonte: Brookfield (2004)

Suscetibilidade mineral ao intemperismo químico

Intemperismo a partir de granito

Intemperismo a partir de granito

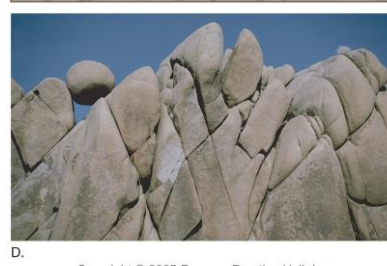
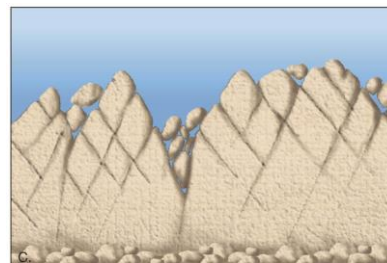
Quartzo SiO_2 → Quartzo ± H_4SiO_4

K-Feldspato $KAlSi_3O_8$ → K-feldspato ± caulinita ± $Al(OH)_3$ ± SiO_2 ± H_4SiO_4 ± K^+ ± OH^-

Biotita $K_2(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH,O,F_2)_2$ → Biotita ± ilita ± esmectita ± caulinita ± oxi-hidróxido Al-Fe ± SiO_2 ± H_4SiO_4 ± K^+ ± Fe^{2+} ± Mg^{2+}

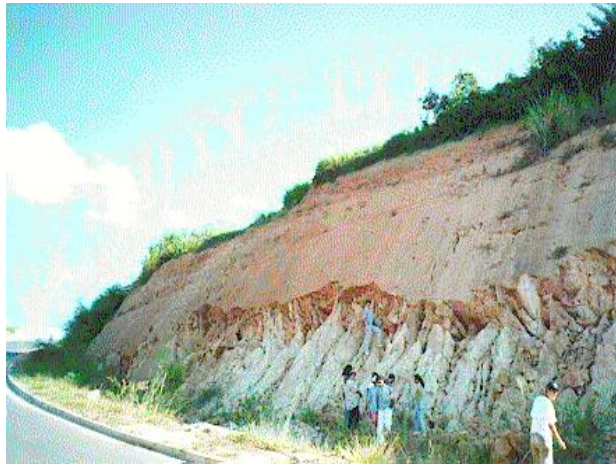
Plagioclásio $Na_{0-1}Ca_{0-1}Al_{1-2}Si_{2-3}O_8$ → Plagioclásio ± caulinita ± $Al(OH)_3$ ± SiO_2 ± H_4SiO_4 ± Na^+ ± Ca^{2+} ± OH^-

Anfibólio $(Na,K)_{0-1}Ca_2(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Al)_5(Si,Al)_8O_{22}(OH)_2$ → Anfibólio ± esmectita ± caulinita ± oxi-hidróxido Al-Fe ± K^+ ± Na^+ ± Ca^{2+} ± Fe^{2+} ± Fe^{3+}

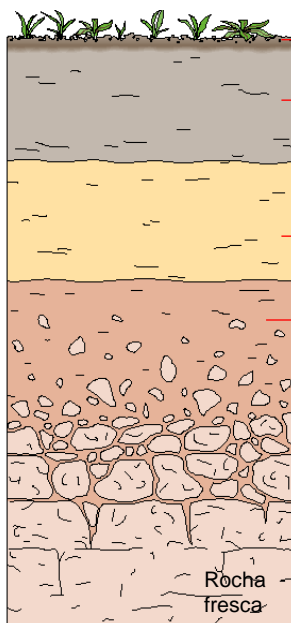
Resistência ao intemperismo

Ação conjugada do intemperismo físico e químico

Água flui nas juntas - altera a rocha, minerais se alteram para argila, a rocha se expande, quinas são abrandadas, a exfoliação se destaca.

Ação conjugada do intemperismo físico e químico e da erosão

Spheroidal weathering of a basaltic lava flow, Oregon
S. Kuehn

Perfil do solo

Perfil de solo em talude de corte no loteamento no bairro Engenho Nogueira/BH. Foto: L.M. Fantinel

Perfil do solo – horizontes do solo

O: predominam restos de matéria orgânica em processo de decomposição

A: acúmulo de material orgânico em estado avançado de alteração misturado com a fração mineral. Lixiviação de sais solúveis, Fe e Al, enriquecido em partículas, eluviação

B: Concentração de cátions e argilas lixiviados de "A". Não se pode reconhecer vestígios das estruturas da rocha mãe

C: Horizonte pouco atingido pelos processos pedogênicos, onde se pode encontrar muitas das características e estruturas da rocha mãe. Também conhecido como saprólito

Rocha fresca

Principais produtos do intemperismo

- Solo
- Fragmentos de rochas
- Quartzo em grãos e, em menor proporção, grãos de feldspatos e micas
- Minerais novos, formados pelo intemperismo, dentre eles, minerais de argila
- Óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio
- Íons carregados em solução pelas aguas dos rios: Ca, Mg, K, Na em solução
- Dissolução dos carbonatos e outros sais solúveis
- Sílica em solução

Minerais comuns na crosta

Ígneas e metamórifcas	
Quartzo	SiO_2
Feldspatos	$(Na,K)AlSi_3O_8$
Plagioclásio	$(Na,Ca)(Si,Al)_4O_8$
Biotita	$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
Muscovita	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
Clorita	$(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2\cdot(Mg,Fe)_3(OH)_6$
Granadas	$[Mg, Fe, Mn, Ca]_3Al_2(SiO_4)_3$
Anfibólios (diversos)	$(Ca,Na)_{2-3}(Mg,Fe,Al)_5Si_6(Al,Si)_2O_{22}(OH)_2$
Piroxênios	$[Ca, Mg, Fe]Si_2O_6$
Olivina	$[Fe, Mg]_2SiO_4$
Cianita	Al_2SiO_5
Estaurolita	$Fe_2Al_9(SiO_4)_4(O,OH)_2$
Silimanita	Al_2SiO_5
Óxidos (diversos)	Fe_2O_3, Fe_3O_4 ($Fe^{2+}Fe^{3+}{}_2O_4$)

Minerais comuns nas RS

Sedimentares	
Quartzo	SiO_2
Argilominerais (diversos)	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$, $(Na,Ca)_{0.33}(Al,Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2\cdot nH_2O$
Feldspatos	$(Na,K)AlSi_3O_8$
Calcita	$CaCO_3$
Dolomita	$CaMg(CO_3)_2$ C
Gipsita	$CaSO_4\cdot 2H_2O$
Halita	NaCl

Natureza do aporte sedimentar

Sedimento Terrígeno

Sedimento Químico

Sedimento Orgânico

- Rocha sedimentar terrígena ou siliciclástica
- Rocha sedimentar química
- Rocha sedimentar orgânico

75% da superfície terrestre está coberta por rochas sedimentares.

Agentes de transporte

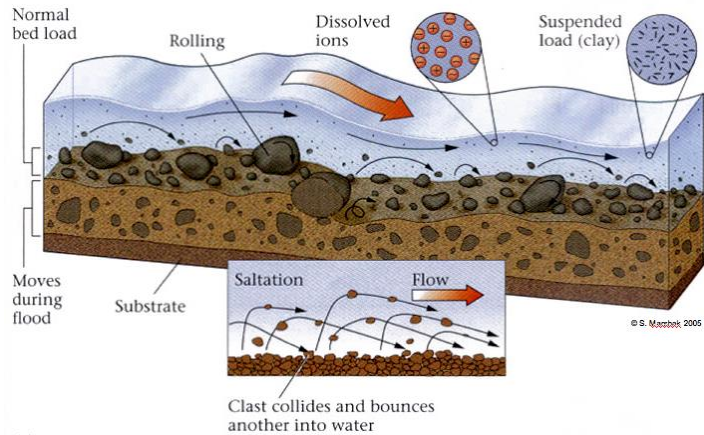
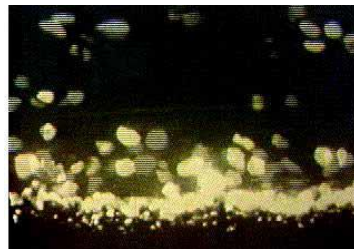
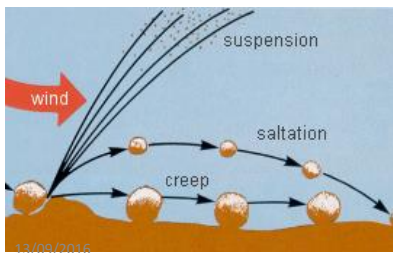
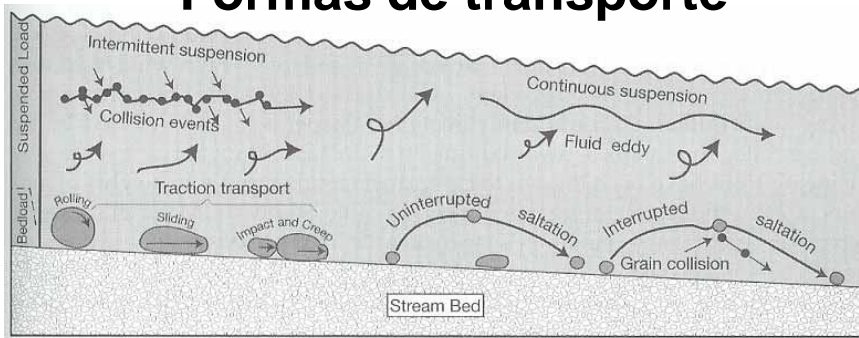
- **Fluidos:**
  - Água
    - Fluxo aquoso unidirecional
    - Fluxo aquoso multidirecional
      - Ondas
      - Marés
      - Correntes oceânicas
  - Ar - vento

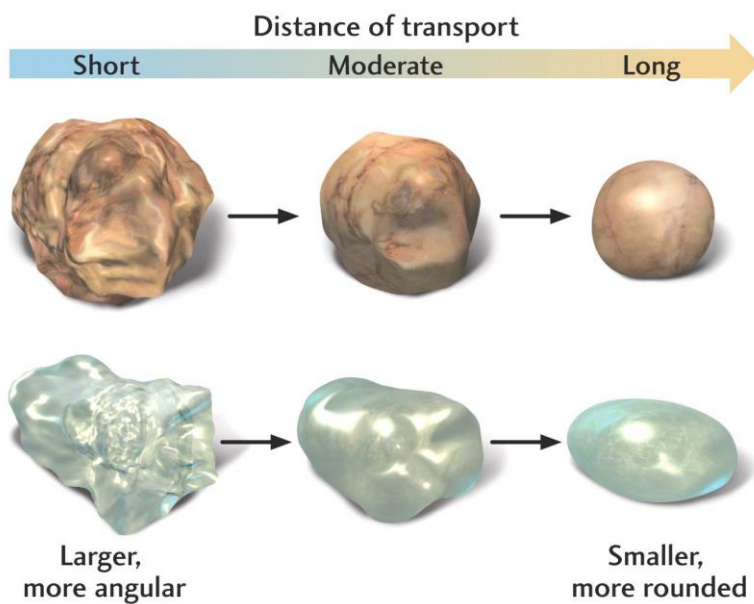
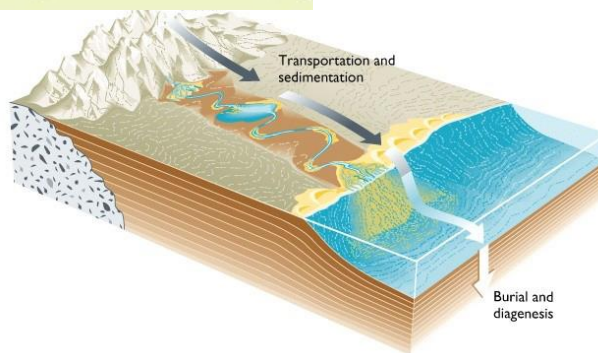
- **Fluxos gravitacionais de sedimentos:**
  - Correntes de turbidez
  - Fluxo liquefeito
  - Fluxo de grãos
  - Fluxo de detritos
  - Fluxo de lama

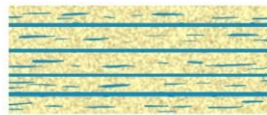
Gelo

Formas de transporte

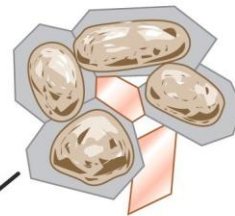
- Arraste e rolamento
- Saltação
- Suspensão
- Solução

Fonte: http://www.geol.umd.edu/~jmerck/geol342/lectures/04.html

Formas de transporte

Fonte: Fonte: Univ. Illinois, Geol 440 (2011).

Grau de arredondamento

Diagênese

Compaction

50–60% water

10–20% water

Cementation

Lithification

Ambientes de sedimentação

A sedimentação pode ocorrer por:

- **- processos físicos, como a decantação de partículas a partir de um fluido**
- **- por processos químicos, como a precipitação de carbonatos**
- **- por processos bioquímicos**

Em ambientes:

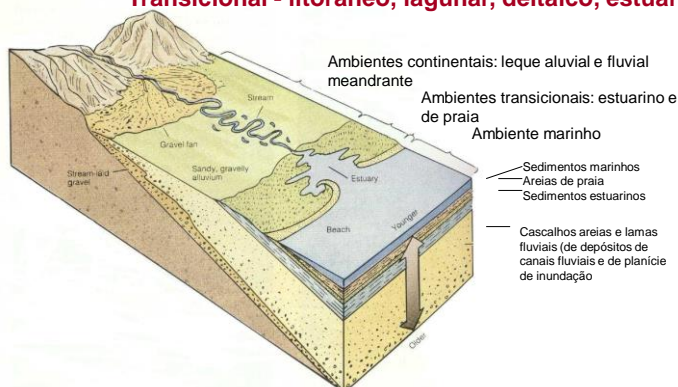
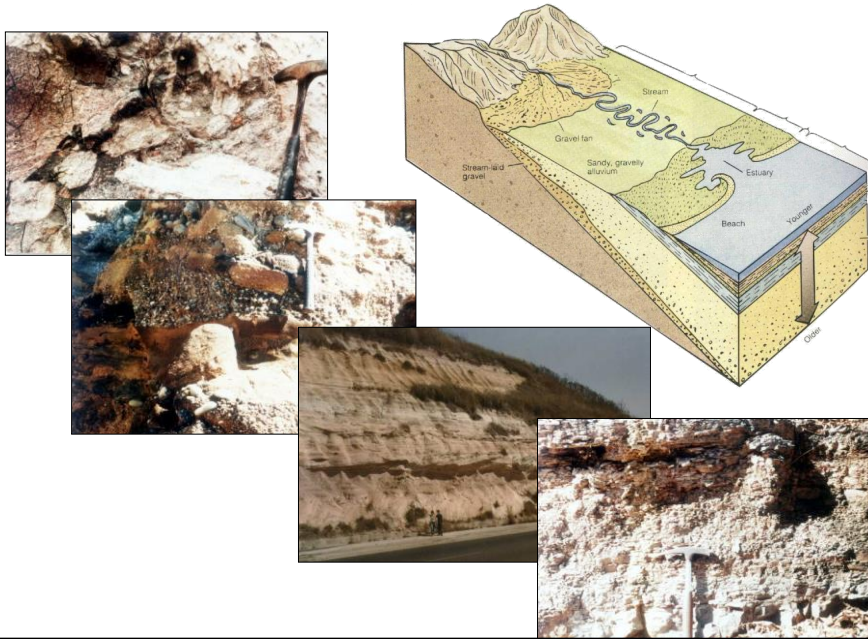
Continental - fluvial, desértico, lacustre, glacial
Marinho - plataforma, talude, mar profundo
Transicional - litorâneo, lagunar, deltáico, estuarino

Ambientes continentais: leque aluvial e fluvial meandrante

Ambientes transicionais: estuarino e de praia

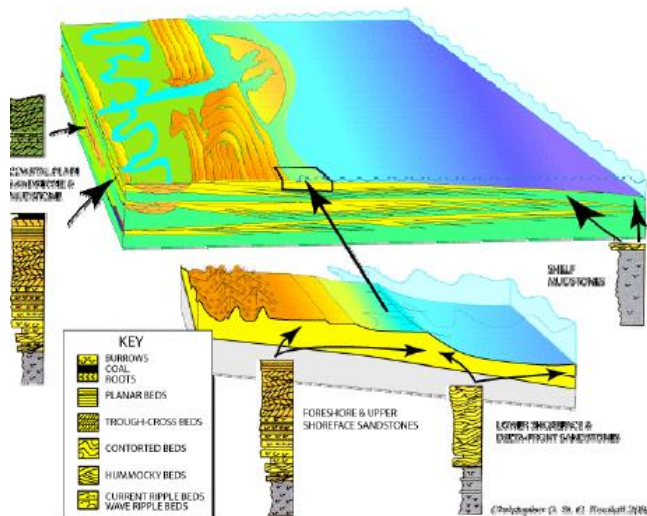
Ambiente marinho

Sedimentos marinhos
Areias de praia
Sedimentos estuarinos

Cascalhos areias e lamas fluviais (de depósitos de canais fluviais e de planície de inundação

Interpretação paleoambiental

Fácies Sedimentares

- É a somatória de todas as características físicas, químicas e biológicas primárias das rochas sedimentares.
- Elementos definidores:
  - **Litologia (composição, textura, cor primária, maturidade, rocha),**
  - **Estruturas sedimentares,**
  - **Direção de paleocorrentes,**
  - **Espessura das camadas,**
  - **Geometria da unidade,**
  - **Conteúdo fossilífero,**
  - **Perfil sísmico etc.**

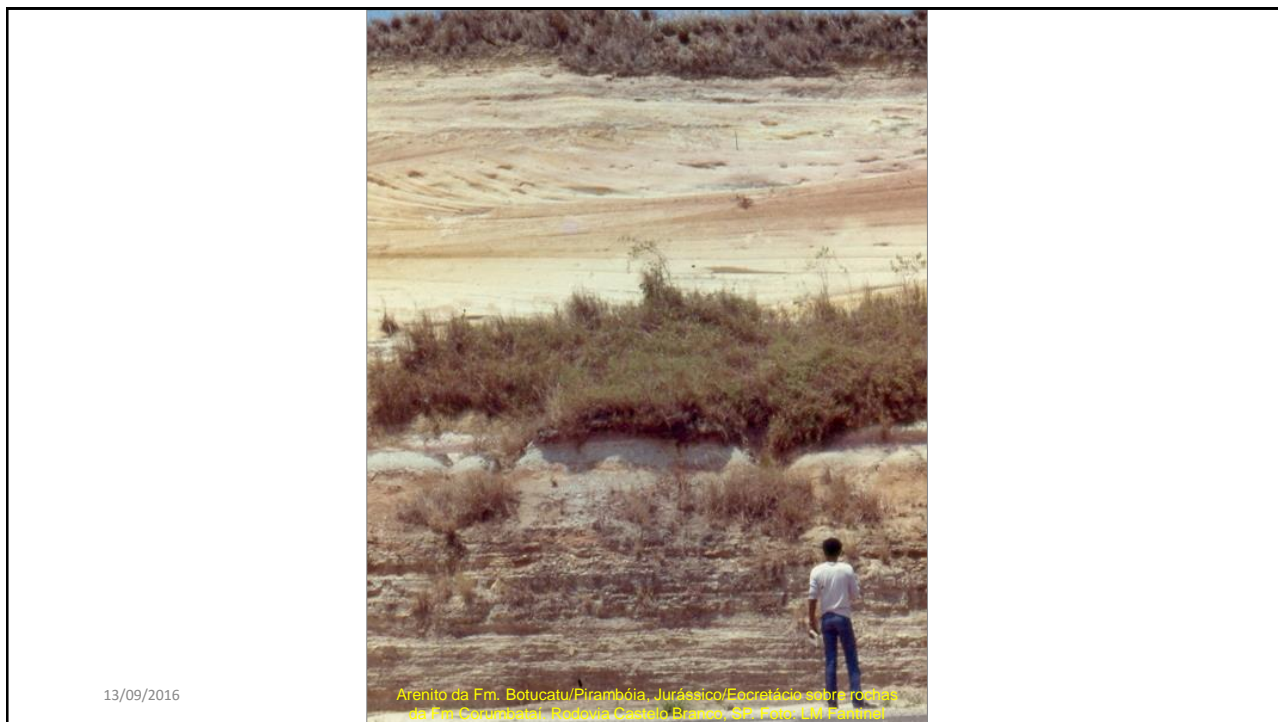
Associação de Fácies

Johannes Walther (1860-1937)

"Facies adjacent to one another in a continuos vertical sequence also accumulated adjacente to one another laterally". Fonte: Univ. Illinois, Geol 440 (2011). Lecture 10.

Arenito da Fm. Botucatu/Pirambóia, Jurássico/Eocretácio sobre rochas da Fm Corumbataí. Rodovia Castelo Branco, SP. Foto: LM Fantinel

Arenito da Fm. Botucatu/Pirambóia, Jurássico/Eocretácio sobre rochas da Fm Corumbataí. Rodovia Castelo Branco, SP. Foto: LM Fantinel

Fácies sedimentares

Arenito da Fm. Botucatu/Pirambóia, Jurássico/Eocretácio sobre rochas da Fm Corumbataí. Rodovia Castelo Branco, SP. Foto: LM Fantinel

Facies sedimentares

Facies arenito bem selecionado, maturo, com estratificação cruzada de grande porte Aec

Facies argilito arenoso com estratificação planar-paralela Faep

Facies argilito laminado com camadas finas de calcário, estratificação planar-paralela Fclp

Rodovia Castelo Branco, SP. Arenito da Fm. Botucatu/Pirambóia, Jurássico/Eocretácio sobre rochas da Fm Corumbataí. Foto: LM Fantinel

Dunas eólicas recentes e interpretação paleoambiental

Dunas eólicas em ambiente recente, Parque das dunas, Natal/RN. Foto: LM Fantinel

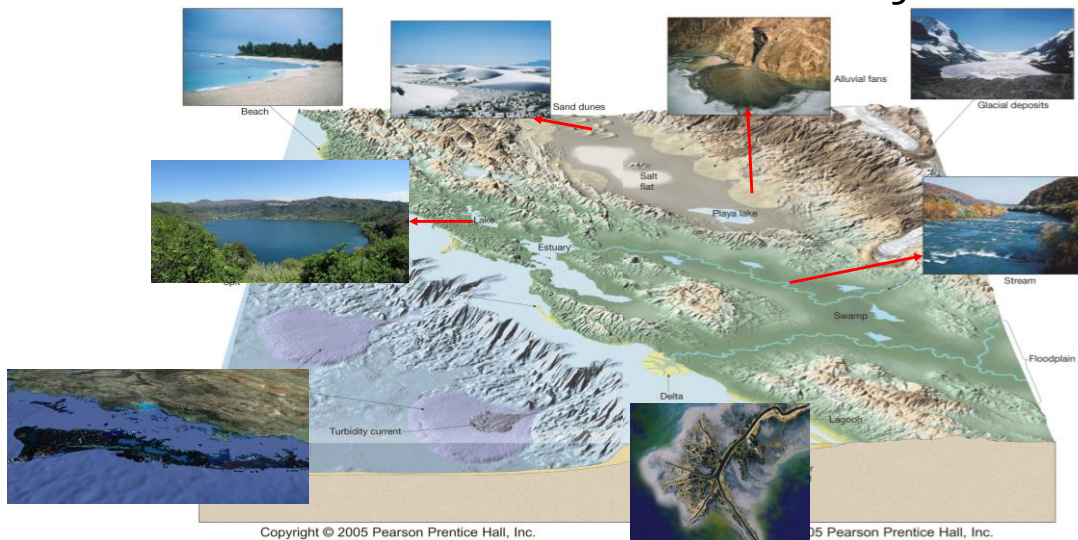
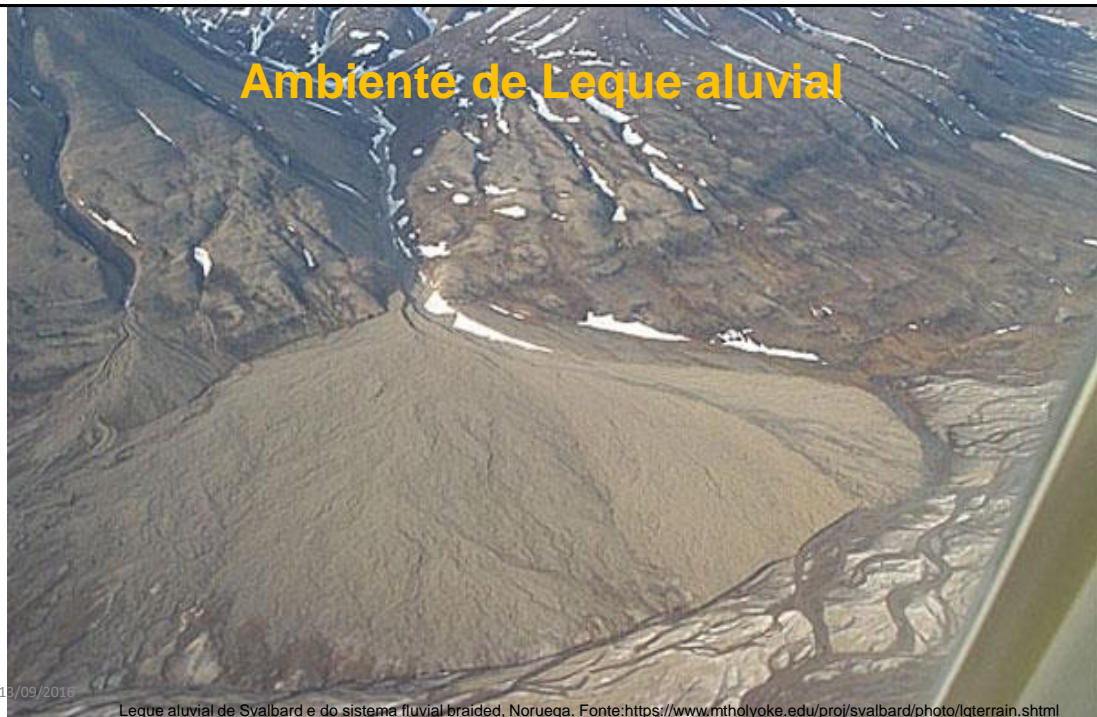
Duna eólica em ambiente recente, Parque das dunas, Natal/RN. Foto: LM Fantinel

www.alexuchoa.com.br

www.alexuchoa.com.br

Dunas eólicas e lagos interdunas em ambiente recente, Rio Grande do Norte.

Ambientes de sedimentação

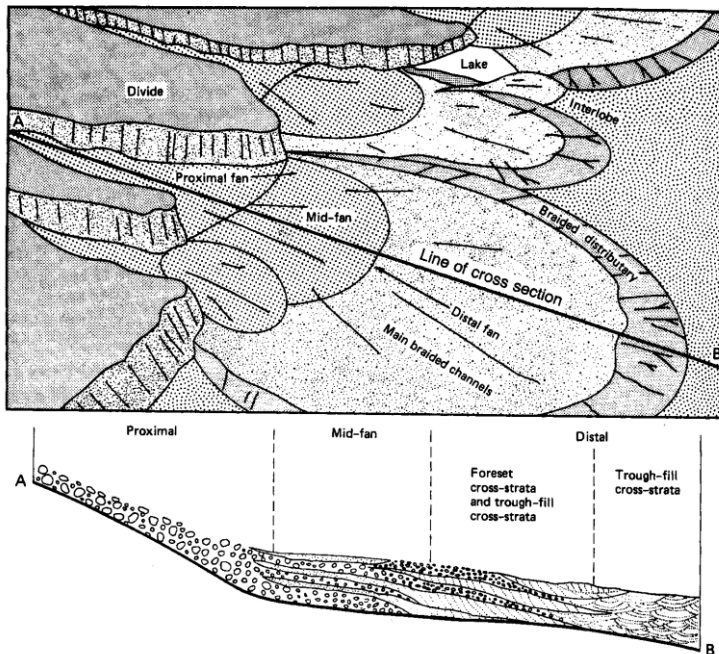
Beach
Sand dunes
Alluvial fans
Glacial deposits
Salt flat
Playa lake
Lake
Estuary
Stream
Swamp
Floodplain
Delta
Lagoon
Turbidity current

Ambiente de Leque aluvial

Leque aluvial de Svalbard e do sistema fluvial braided, Noruega. Fonte:https://www.mtholyoke.edu/proj/svalbard/photo/lgterrain.shtml

Ambiente de Leque aluvial

The Mattertal, a valley in the Alps, Switzerland. On the western slope a large alluvial fan, deposited by a landslide in the 1990's, can be seen above the village of Randa.. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Randa_landslide.JPG

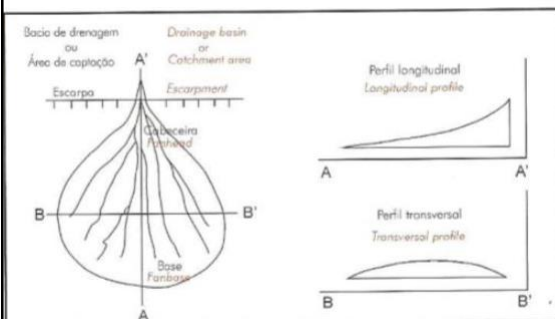
Leque aluvial

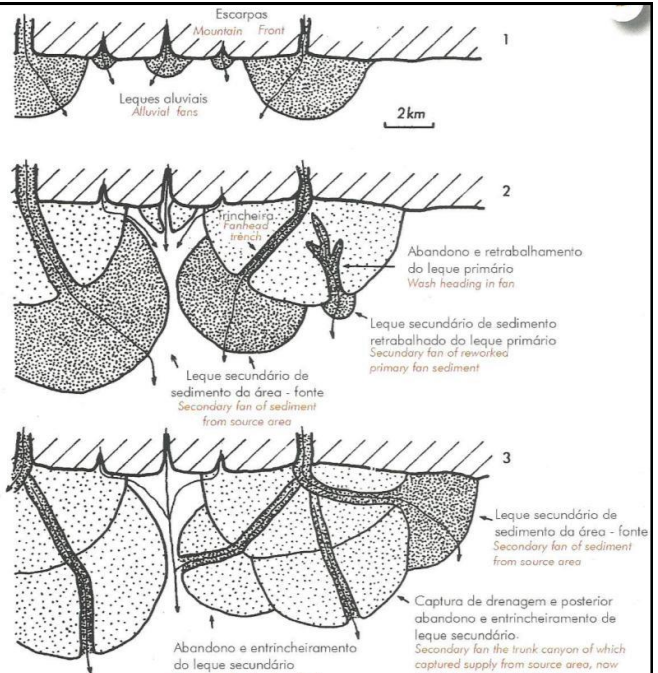
Mendoza_Argentina. Foto de Eurico Zimbres.

Fonte: Stell and Gloppen (1980).

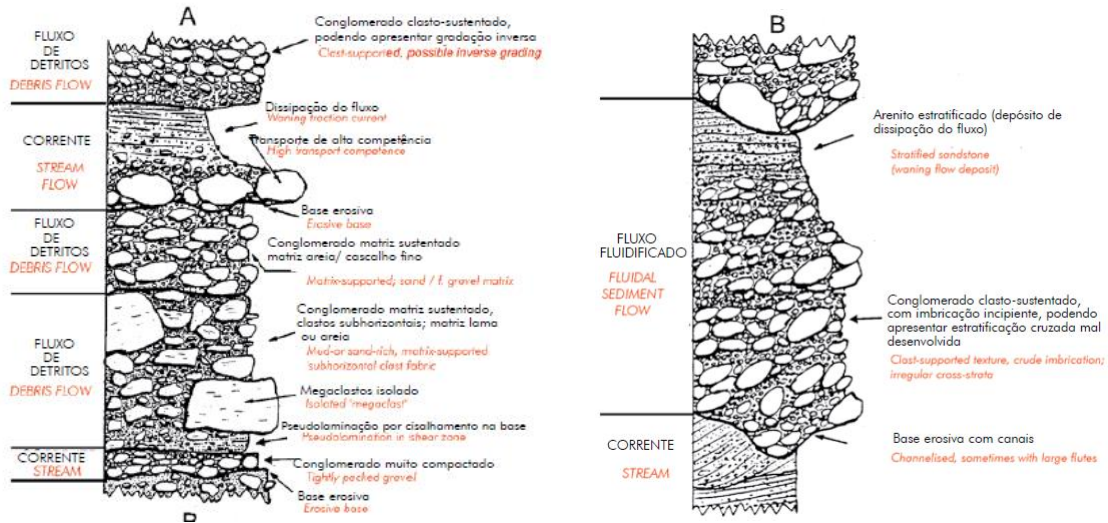
Características

- Dominados por fluxo gravitacional de sedimento ou enchentes em lençol.
- Agente de transporte de alta densidade e viscosidade.
- Transporte e deposição episódicos.
- Canais fluviais apenas retrabalham sedimentos na superfície do leque.
- Abundantes em bordas de bacias limitadas por falhas.
- Diminuição da granulometria para jusante.
- Composto por vários lobos ativos em tempos diferentes.

Características

- Seção transversal convexa e longitudinal côncava.

Perfis topográficos em leque aluvial. Fonte: Assine (2008 *in* Pedreira da Silva *et al.* 2008)

- Composto por vários lobos ativos em tempos diferentes.

Entrincheiramento e formação de leques secundários. Fonte: Assine (2008 *in* Pedreira da Silva *et al.* 2008 com base em Denny 1967).

Fácies proximais de leque aluvial

Fácies características das porções proximais de leques dominados por fluxos de gravidade (modificado de Nemec & Steel, 1984).

Fácies características das porções proximais de leques dominados por fluxos de gravidade (modificado de Nemec & Steel, 1984).

Variação longitudinal de fácies de leque aluvial

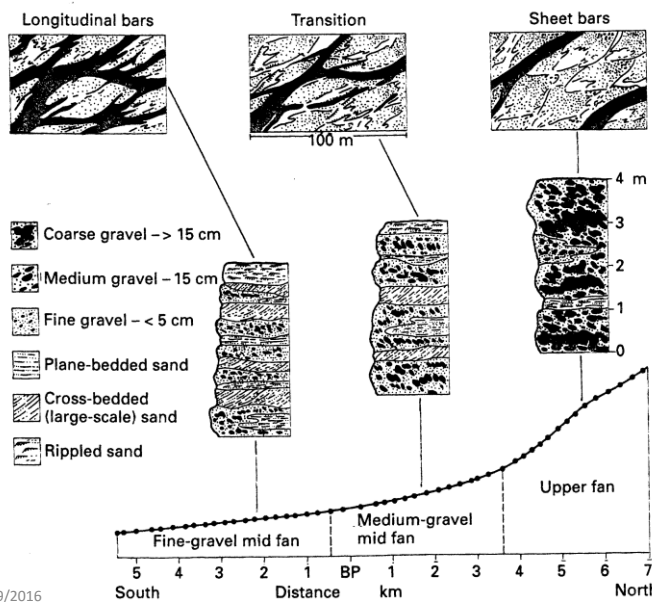
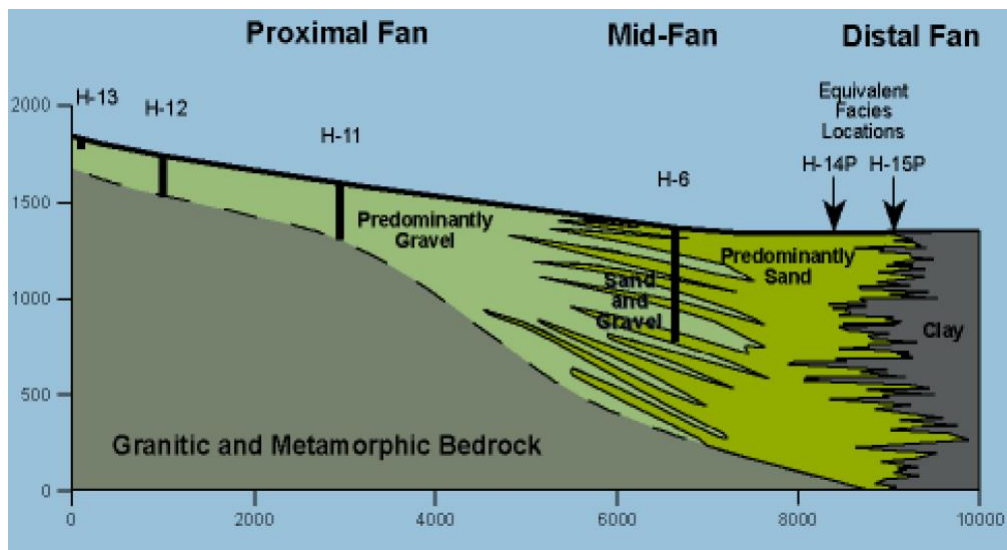
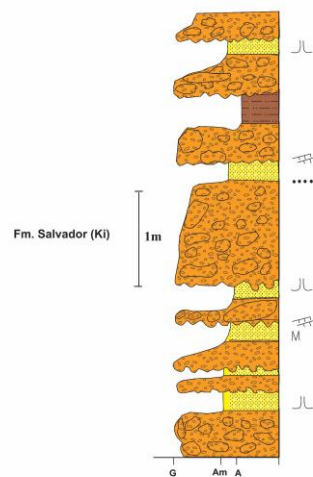



Figure 3.31 Changes in gradient, bar type and internal structure along a fluvial braided outwash fan in front of the Scott Glacier, Alaska (after Boothroyd, 1972).

Associação de fácies de leque aluvial. Fonte: Boothroyd & Nummendal (1978).

Leque aluvial

Ciclos de conglomerados polimíticos compostos por matacões, calhaus e seixos de granulitos, gnaisses e quartzitos imersos numa matriz de areia grossa. Corpos de arenitos segregados exibem laminações cavalgantes, fuidização e carpetes de tração.

Conglomerado da Formação Salvador associado ao sistema de falhas da borda do rifte. Fonte: Magnavita et al. (2005 Fig. 29).

Leque aluvial

Fonte: Little (2014). Disponível em: http://pt.slideshare.net/wwlittle/alluvial-fan-systems

Facies brecha de matacão isotrópica
Deposito de fluxo de detritos contendo blocos rnétricos de rochas do embasamento na porção proximal de leque aluvial.
Formação Resende (Oligoceno), junto a borda norte da Bacia de Resende, Estado do Rio de Janeiro.
Foto: C. Riccomini. Fonte: Teixeira et al.)2000, fig. 10.23)

Facies conglomerado e fácies arenito lamoso grosso a conflomerático.
Intercalação de depósitos de fluxo de detritos (com blocos de rochas alcalinas) e de corrida de lamas no sopé do maciço alcalino de Itatiaia (RJ) de l*eque aluvial da Formação Resende (Oligoceno). Foto: C. Riccomini. Fonte:* Teixeira et al. (2000, fig. 10.24).